

ASIGNACIÓN SISTEMÁTICA Y PALEOCOMUNIDADES INFERIDAS A PARTIR DEL ESTUDIO FITOLÍTICO DE SEDIMENTOS CUATERNARIOS DE ENTRE RÍOS, ARGENTINA

GEORGINA ERRA¹

Summary: Systematic assignation and paleocommunities inferred by a phytolite study of quaternary sediments from Entre Ríos, Argentina. Phytolith analysis is one of the paleobotanic disciplines used for the reconstruction of past ecosystems, because they provide a precise record of part of the vegetation for a specific time and place. In this context, the composition and variability of phytoliths in Quaternary loessic sediments from the Tezanos Pinto Formation in southwestern Entre Ríos province was studied. The data obtained allowed characterizing the paleocommunity that existed at the time when the loessic sediments were deposited. The found forms correspond to microphytoliths and to macrophytoliths, being of the bilobate and polylobate type (described for Poaceae subfamily Panicoideae), saddle type (subfamily Chloridoideae) and conical or rondel type (subfamily Pooideae). Also they were found phytoliths originated from hooks, prickles and macrohairs, from bulliforms cells and of long cells (all cellular types of epidermal origin of poaceae without diagnostic aptitude to differentiate subfamilies), and others produced for taxons non-grasses (echinate sphere) originated from the Arecaceae family.

Key words: phytoliths, grasses, quaternary

Resumen: El análisis de los fitolitos es una de las disciplinas paleobotánicas utilizadas para la reconstrucción de ecosistemas pasados ya que proporcionan un registro preciso de una parte de la vegetación, en áreas concretas y en un momento determinado. Teniendo en cuenta la importancia de estos análisis se estudió la composición y variabilidad fitolítica de los sedimentos loésicos cuaternarios de la Formación Tezanos Pinto en el sudoeste de la provincia de Entre Ríos. Los datos de base obtenidos permitieron caracterizar la paleocomunidad existente al momento de depositación de los sedimentos loésicos. Las formas encontradas corresponden tanto a microfítolitos como a macrofítolitos, siendo del tipo bilobados y polilobados (asignables a gramíneas de la subfamilia Panicoideae), tipo saddle (subfamilia Chloridoideae) y tipo cónico o rondel (subfamilia Pooideae). También fueron hallados fitolitos provenientes de pelos, agujones y ganchos, de células buliformes y de células largas (todos tipos celulares de origen epidérmico de gramíneas sin capacidad diagnóstica para diferenciar subfamilias), y otros producidos por taxones no gramíneos (esféricos equinados) provenientes de la familia Arecaceae.

Palabras clave: fitolitos, gramíneas, cuaternario

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye una primera aproximación al estudio de fitolitos realizado en sedimentos cuaternarios del litoral argentino.

Los fitolitos son biomineralizaciones de origen vegetal. Esto es, mineralizaciones que integran tejidos orgánicos, producidas por sustancias resultantes

de la actividad metabólica (sustancias ergásticas) de reserva o de desecho celular. Su composición puede ser silíceas (silicofitolitos o cuerpos silíceos), carbonato de calcio (cristales de carbonato, o impregnaciones sobre membranas: cistolitos), como también oxalato de calcio (cristales).

En este trabajo se describen solamente los silicofitolitos que son los que se preservan en los sedimentos y se utiliza el término fitolito como sinónimo de silicofitolito.

Estos elementos, pueden hallarse formando parte de un tejido vegetal, o en forma desagregada del

¹ CONICET. División Paleobotánica. Museo de La Plata, paseo del bosque s/n, La Plata, Argentina
georginaerra@yahoo.com.ar

organismo del que formó parte. Los fitolitos se originan como depósitos de sílice amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) en espacios inter o intracelulares de los tejidos vegetales (Blackman, 1971; Piperno, 1988; 2006).

Al ser los fitolitos microrrestos resistentes, con buen grado de especificidad, constituyen una importante herramienta para estudios taxonómicos y de diversidad biológica en el pasado, ya que ciertas formas son diagnósticas de determinados grupos vegetales (Erra, 2006). Por esto, el análisis de fitolitos es actualmente, una de las disciplinas paleobotánicas utilizadas para la reconstrucción de ecosistemas pasados ya que proporcionan un registro preciso de una parte de la vegetación, en áreas concretas y en un momento determinado.

Teniendo en cuenta la importancia de estos análisis se estudió la composición y variabilidad fitolítica de los sedimentos loésicos cuaternarios de la Formación Tezanos Pinto en el sudoeste de la provincia de Entre Ríos, a fin de evaluar la fertilidad fitolítica existente en los sedimentos, como también identificar y cuantificar los fitolitos presentes en las diferentes muestras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Como área de estudio se seleccionó una región representativa de la Pampa Norte, denominada "Unidad Geomorfológica Colinas Loésicas de Crespo" (Fig. 1), ubicada en el sudoeste de Entre Ríos, donde está presente la Formación Tezanos Pinto.

Esta Formación que fuera definida formalmente para la provincia de Entre Ríos (Iriondo, 1980), está compuesta por limos eólicos, cubriendo en forma de manto tabular continuo las formaciones del Cuaternario Inferior de la cuenca, con un espesor de 2 a 7 m, constituyendo la unidad típica del Cuaternario de la llanura pampeana.

El sudoeste de la Provincia de Entre Ríos forma parte del borde noreste de la Faja Periférica Loésica (FPL) del Sistema Eólico Pampeano (SEP sensu Iriondo & Kröhling, 1995). La Formación Tezanos Pinto (Iriondo, 1980) constituye la unidad sedimentaria cuaternaria representativa del loess de la Pampa Norte (Fig. 1). Los materiales que componen esta

Formación fueron depositados durante el Estadio Isotópico del Oxígeno 2 (EIO2) en un rango que abarca entre los 36.000 a los 8.500 años AP (Pleistoceno Tardío- Holoceno Temprano) (Iriondo & Kröhling, 1996). En esta área (sudoeste de Entre Ríos) la Formación Tezanos Pinto constituye la Unidad Geomorfológica "Colinas Loésicas de Crespo" (Iriondo, 1998) (Fig. 1), donde se dispone cubriendo el relieve en forma de manto de 2-5 metros de espesor. La facies primaria de la Formación está integrada por un loess pardo brillante en húmedo (7,5 YR 5/6) y pardo anaranjado mate en seco (7,5 YR 7/3), constituido por limos con poca cantidad de arcilla y escasa o nula fracción arenosa apreciable, masivo, de estructura migajosa, pulverulento y friable, estructurado en general en bloques angulares medios a gruesos, muy débiles. Mineralógicamente está constituida por cuarzo con escasas plagioclasas y fragmentos de vidrio volcánico; la asociación de minerales pesados comprende turmalina, circón, rutilo, estauroлита, etc. típica de materiales provenientes del escudo brasileño, en general con alto contenido de carbonato de calcio (Iriondo & Kröhling, 1995).

Para la descripción de suelos se utilizaron las descripciones incluidas en la Carta de Suelos de la República Argentina, Departamento Diamante (Plan Mapa de Suelos, INTA, 1991), los que se consideran como pertenecientes a la familia de suelos "limosa fina, mixta, térmica" de los Argiudoles ácuicos, en forma general éstos se caracterizan por ser suelos profundos, moderadamente bien drenados, con un epipedón algo somero, franco-limoso, y un horizonte argílico franco-arcillo-limoso, con moteados de hierro a partir de los 20-25 cm. Son suelos que se desarrollan sobre loess calcáreo de textura franco-limosa, con carbonatos y concreciones de calcáreo a partir de los 90 cm (Plan Mapa de Suelos, INTA, 1991).

La zona pertenece al clima templado húmedo de la llanura, que se caracteriza por su condición de peniplanicie abierta sin restricciones a la influencia de los vientos húmedos del noreste, al accionar de los vientos secos y refrigerantes del sudoeste (causantes de los cambios repentinos del tiempo) y a los vientos del sudeste (aire frío saturado de humedad). Su temperatura es templada, la media anual es de 18,2° C y varía entre 24,7 °C en enero y 12 °C en julio, representando una amplitud térmica de 12,7 °C.; las precipitaciones es uno de los factores

G. Erra - Fitolitos en sedimentos cuaternarios de Entre Ríos

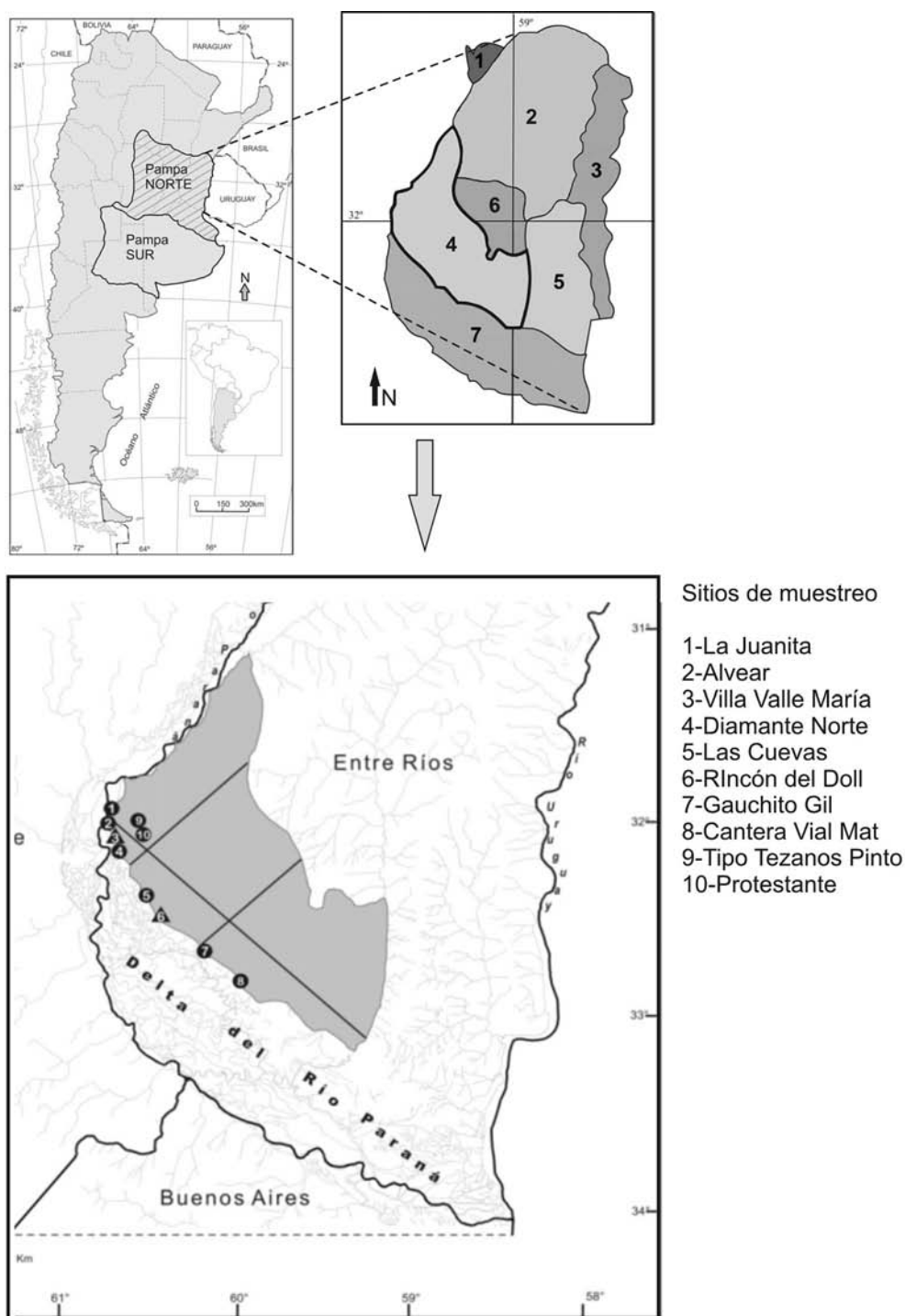


Fig. 1. Mapa de ubicación de la Pampa Norte, modificado de Iriondo (1994). En detalle se diferencian las Unidades geomorfológicas correspondientes a la provincia de Entre Ríos (Iriondo, 1998). La Unidad 4 corresponde a las denominadas "Colinas Loésicas de Crespo" y detalle de sitios de muestreo.

más importantes en la climatología general, la media anual es de 985,4 mm (Plan Mapa de Suelos, INTA, 1991).

En cuanto a la vegetación, el área de estudio se encuentra fitogeográficamente dentro de la Provincia Pampeana (del Dominio Chaqueño) Distrito Uruguayense, con excepción de las costas que sustentan comunidades serales de selvas marginales pertenecientes a la Provincia Paranaense, Distrito de las Selvas Mixtas, (Cabrera, 1976; Cabrera & Willink, 1973), o Región Neotropical, Subregión Chaqueña, Provincia Pampeana (Morrone, 2001). En líneas generales la Provincia Pampeana es la de mayor extensión y se caracteriza por la predominancia absoluta de gramíneas, principalmente de las tribus Paniceae y Andropogoneae (*Paspalum* sp., *Axonopus* sp., *Digitaria* sp., *Schyzachyrium* sp., *Bothriochloa* sp., etc.) Entre las hierbas no graminiformes hay una serie de géneros primaverales muy constantes como *Gamochoaeta*, *Chaptalia*, *Aster*, *Chevreulia*, *Oxalis*, *Adesmia*, etc. Entre los arbustos son comunes los géneros *Heimia*, *Baccharis*, *Eupatorium* y otros (Plan Mapa de Suelos, INTA, 1991).

Se seleccionaron diez perfiles representativos siguiendo una transecta SE-NO a lo largo de la unidad "Colinas Loéssicas de Crespo" (Fig. 1). El levantamiento de los perfiles se organizó siguiendo 3 transectas: una en sentido SE-NO y dos en sentido SO-NE perpendiculares a la primera, con ubicación GPS S 32° 03' 59,6" - O 60° 37' 32,3", S 31° 58' 09,2" - O 60° 40' 38,5", S 31° 51' 43,3" - O 60° 38' 53,2", S 32° 18' 51,5" - O 60° 28' 01,8", S 31° 53' 20,5" - O 60° 32' 27,8", S 32° 01' 19,4" - O 60° 30' 38,2", S 32° 46' 05,2" - O 59° 56' 26,2", S 32° 36' 37,3" - O 60° 08' 34,3", S 32° 25' 22,2" - O 60° 23' 52,9" y S 32° 00' 35,2" - O 60° 38' 14,9".

Las muestras se obtuvieron mediante las normas básicas de trabajo a campo con el fin de evitar contaminaciones del material, donde se limpió el perfil y se muestreó de abajo hacia arriba en cada perfil, con una equidistancia de 10 cm entre muestras. Una vez embolsadas y rotuladas, las muestras de aproximadamente 250 gr, fueron incorporadas al laboratorio donde se comenzaron las tareas de procesamiento con la finalidad de concentrar los microrrestos vegetales objeto de este estudio.

La técnica utilizada fue la propuesta por Zucol &






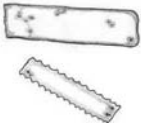

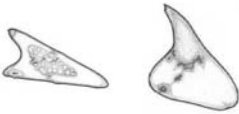

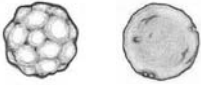


Osterrieth (2002) que de manera resumida consiste en el secado, molienda y tamizado grueso del material proveniente del campo, eliminación de sales solubles (con agua destilada en frío y luego en caliente), de carbonatos, cementos y barnices (con ácido clorhídrico en frío y en caliente), y de materia orgánica (agregando agua oxigenada 100 volúmenes al 30%). Dispersión de las arcillas (utilizando hexametáfosfato de sodio). Separación granométrica para la obtención de tres fracciones (fina -diámetro entre 8 y 53µm-, media -diámetro entre 53 y 250µm- y gruesa -diámetro mayor a 250µm-), separación densimétrica (con politungstato de sodio como líquido pesado), y por último la elaboración de los preparados fijos (en Bálsamo de Canadá para repositorio y colección) y preparados líquidos (en aceite de inmersión para permitir la rotación y vistas en 3D). El número de recuentos se estableció en 400 fitolitos a través de la muestra mínima.

La identificación, clasificación y cuantificación de los morfotipos fitolíticos observados se realizó sobre los elementos aislados encontrados en las diferentes muestras, en los preparados líquidos. Las observaciones microscópicas fueron realizadas en un microscopio binocular Hokenn modelo WPB 100 con un aumento de 640x (16x de ocular y 40x de objetivo); las fotografías fueron obtenidas con una cámara digital Sony DSC-W30 de 6 megapíxeles. Para la descripción y caracterización de los fitolitos se utilizó el International Code for Phytolith Nomenclature -ICPN 1.0- (Madella *et al.* 2005) y las clasificaciones de Bertoldi de Pomar (1971), Twiss (1992), Fredlund & Tieszen (1994), Kondo *et al.*, 1994 y las modificaciones aportadas por Zucol & Brea (2005) (Tabla 1).

RESULTADOS

Dado que los fitolitos presentan formas generalmente regulares, copiando la forma de caja de la célula que le dio origen, dentro de los diferentes grupos vegetales, hay formas, que según los diferentes autores, son características de determinados grupos taxonómicos. En este análisis, las formas encontradas correspondían tanto a microfítolitos (Bertoldi de Pomar, 1971) (aquellos fitolitos de tamaño inferior a 40 µm -Fig. 2-) como a macrofítolitos (Bertoldi de Pomar, 1971) (aquellos fitolitos de tamaño superior a 40 µm -Fig. 3-).

Tabla 1. Morfotipos fitolíticos utilizados en este estudio.

Morfotipos utilizados en este estudio Formas aisladas	Nombres de acuerdo al ICPN	Esquema
Saddle (c) Chloridoide (b) Doliolita (d)	Saddle	
Halterio lobado simple (c)	Bilobado de centro corto y final convexo	
Halterio tipo Panicoide (c)	Bilobado de centro corto y final cóncavo (Bilobate flat/concave end short cell)	
Halterio tipo Stipa (c)	Bilobado trapeziforme corto	
Halterio complejo regular, e irregular (b) Plurihalteriolita (d)	Cilindro polilobado	
Macroprismatolithum (a) Elongado/rectangular (b) Prismatolita (d) Elongate (e)	Paralelepipedo/elongado	
Flabelolithum (a) Abanico (Fan/polyhedral) (b) fan shaped (e)	Célula cuneiforme/ paralelepipedo bulliforme	
Aculeolithum (a) Pelos, ganchos y agujones (Point shape, Aculeolita) (d) Point shaped (e)	Hooks, prickles and macrohairs	
Estrobilolita (d) (Equidimensional and flat coned) Estróbilo equidimensional, E. elongado, E. elongado con cintura y E. aplanado	Rondel	
Globulolithum (a) Globulolita (d) Esfera espinulosa (e)	Globular (granulado- liso)	
Polígono epidérmico (d)	Polígono liso de célula epidérmica	
Longolita (d)	Cuerpo fusiforme o clavado con ornamentación laminada	

a sensu Zucol (2005)

b sensu Twiss (1992)

c sensu Fredlund and Tieszen (1994)

d sensu Bertoldi de Pomar (1971)

e sensu Kondo *et al.*, (1994)

Los morfotipos presentes en las muestras fueron del tipo bilobados (Fig. 2, A-B-C-D-E-F-G-H), polilobados, tipo saddle (Doliolita) (Fig. 2, S-T-U-V), cónicos o rondel (Estrobilolita) (Fig. 2, I-J-K-L-LL-M-N-Ñ), fitolitos provenientes de pelos, ganchos y aguijones (Aculeolithum) (Fig. 2, W-X), de células cortas buliformes (Flabelolithum) (Fig. 3, J-K-L), y de células largas (Macroprismatolithum) (Fig. 3, D-E-F-G-I), fitolitos originados en elementos de conducción (Fig. 2, Y; Fig. 3, H), Longolitas (Fig. 3, A-B-C) y también se encontraron fitolitos esféricos equinados (Fig. 2, O-P-Q) y esféricos lisos (Fig. 2, R).

Acompañando al conjunto de los fitolitos, se encontraron otros elementos silíceos tales como frústulos de diatomeas, espículas de espongiarios y quistes de Crysosomataceae.

DISCUSIÓN

En la actualidad no existe consenso generalizado sobre el criterio a seguir para utilizar una sistemática de fitolitos, que permita el claro tratamiento y denominación de estos elementos en un sistema universal. Este tema tan controvertido ya fue observado y tratado por diversos autores, ya desde el pasado (Zucol, 1995; Zucol 1999, Bowdery, *et al.*, 1998; Hart, *et al.*, 2000; Lentfer *et al.*, 2000). Por lo que, en el año 2000, se conformó una comisión de nomenclatura que enunció un protocolo para la nomenclatura fitolítica (Madella *et al.*, 2002; 2005), en donde se plantearon los lineamientos básicos para la nomenclatura de los morfotipos fitolíticos, pero su utilización no logró extenderse en la comunidad dedicada al estudio de estos microrrestos.

En síntesis, se hace necesario el establecimiento de pautas clasificatorias para instaurar una sistemática de fitolitos que permita un preciso tratamiento y delimitación de las categorías, de acuerdo a las normativas de la nomenclatura botánica como fuera propuesto por Zucol y Brea (2005).

Los morfotipos hallados en el sedimento cuaternario (Pleistoceno tardío-Holoceno temprano) de la Formación Tezanos Pinto, fueron del tipo bilobados (Fig. 2, A-B-C-D-E-F-G-H), y polilobados, que según Twiss *et al.*, 1969; Mulholland, 1989; Fredlund y Tieszen, 1994; Kondo *et al.*, 1994, son morfotipos encontrados predominantemente en la subfamilia Panicoideae, e indican la presencia de

gramíneas C4, adaptadas a climas cálidos y húmedos, con alta disponibilidad de agua en el suelo (Teeri y Stowe, 1976; Tieszen *et al.*, 1979; Cabido *et al.*, 1997; Scott, 2002); sin embargo, algunas especies de gramíneas Panicoideae son C3. Los tipo saddle (Doliolita) (Fig. 2, S-T-U-V) son producidos en alta proporción por especies de la subfamilia Chloridoideae (sensu Twiss *et al.*, 1969; Mulholland, 1989; Fredlund y Tieszen, 1994; Kondo *et al.*, 1994), e indican la presencia de gramíneas C4 adaptadas a condiciones de climas cálidos y secos, con suelos secos (Tieszen *et al.*, 1979; Livingstone y Clayton, 1980). El tipo cónico o rondel (Estrobilolita) (Fig. 2, I-J-K-L-LL-M-N-Ñ) es producido principalmente por la subfamilia Pooideae (Twiss *et al.*, 1969), integrado por gramíneas C3, que son abundantes en zonas templado-frías o de altas elevaciones (Tieszen *et al.*, 1979; Livingstone y Clayton, 1980; Tieszen *et al.*, 1997; Scott, 2002; Winslow *et al.*, 2003). Los provenientes de pelos, ganchos y aguijones (Aculeolithum) (Fig. 2, W-X), de células cortas buliformes (Flabelolithum) (Fig. 3, J-K-L), y de células largas (Macroprismatolithum) (Fig. 3, D-E-F-G-I), son todos tipos celulares de origen epidérmico de gramíneas sin capacidad diagnóstica para diferenciar subfamilias o rutas metabólicas del proceso fotosintético. Los fitolitos producidos por taxones no graminoides como son los esféricos equinados (Fig. 2, O-P-Q), provenientes de la familia Arecaceae (Kondo *et al.*, 1994; Runge, 1999, Runge y Fimbel, 1999; Vrydaghs y Dourelepont, 2000, Zucol y Brea 2005) también estuvieron presentes. Las Longolitas corresponden a células subepidérmicas de Podostemaceae (plantas acuáticas) (Bertoldi de Pomar, 1971).

La presencia de otros elementos silíceos tales como frústulos de diatomeas, espículas de espongiarios y quistes de Crysosomataceae, evidencian la presencia de cuerpos de agua asociados al ambiente.

CONCLUSIONES

El estudio del contenido fitolítico de los sedimentos analizados demostró la fertilidad y riqueza fitolítica que poseen.

No se evidencian signos de alteración o degradación (químico, por transporte o algún otro factor),

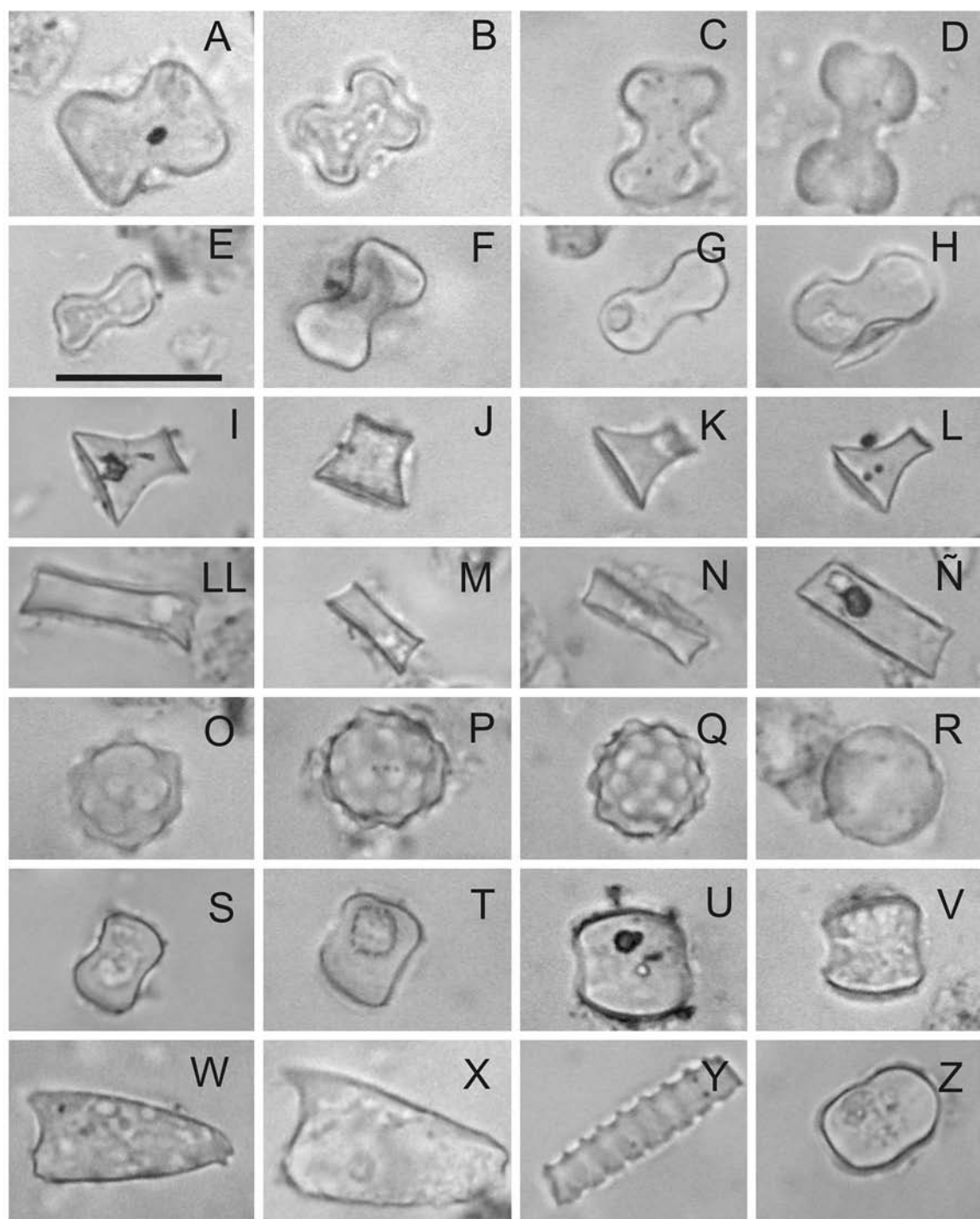


Fig. 2. Lámina microfítolitos (tamaño menor a 40 μm). Escala gráfica en **E** = 20 μm (válida para todas las imágenes). **A-H:** Fítolitos bilobados originados en células cortas en forma de pesa de gimnasia *Halteriolita*. **I-Ñ:** Fítolitos provenientes de células cortas en forma de conos truncados, *Estrobulolita* ("rondel"). **O-Q:** Fítolitos esféricos equinados, *Globulolithum sphaeroequinulathum*. **R:** Fítolito esférico liso, *Globulolithum sphaeropsilathum*. **S-V:** Fítolito originado en células cortas en forma de silla de montar, *Doliolita* ("saddle"). **W-X:** Fítolitos originados a partir de agujones, *Aculeolithum*. **Y:** Fítolito originado en elementos de conducción. **Z:** Fítolito oblongo.

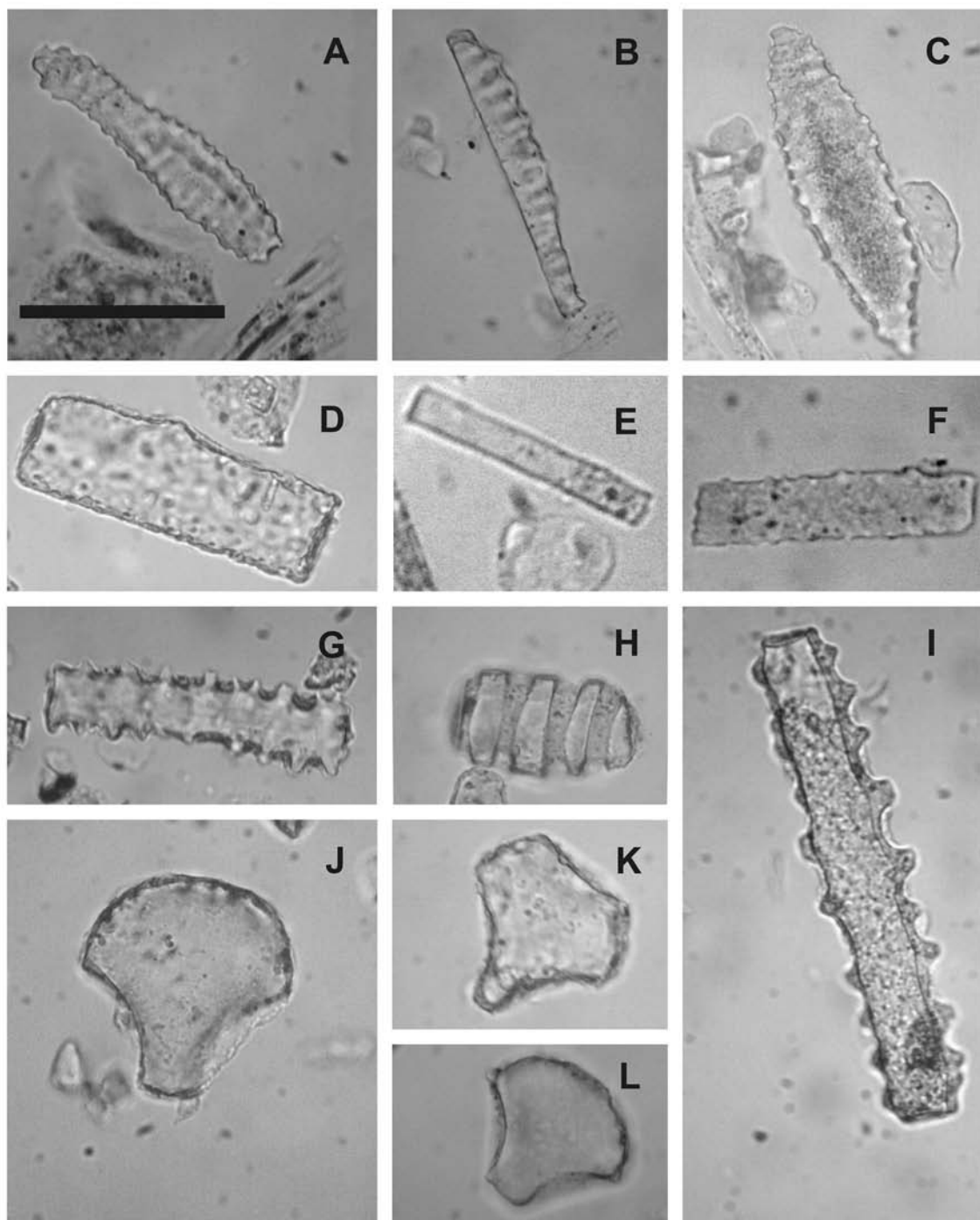


Fig. 3. Lámina macrofitolitos (tamaño mayor a 40 μm). Escala gráfica en **A** = 50 μm (válida para todas las imágenes). **A-C:** Fitólito de Podostemaceae, *Longolita*. **D-G,I:** Fitolitos prismáticos elongados *Macroprismatolithum*. **H:** fitólito originado en elementos de conducción. **J-L:** Fitolitos originados en células buliformes en forma de abanico, *Flabelolithum*.

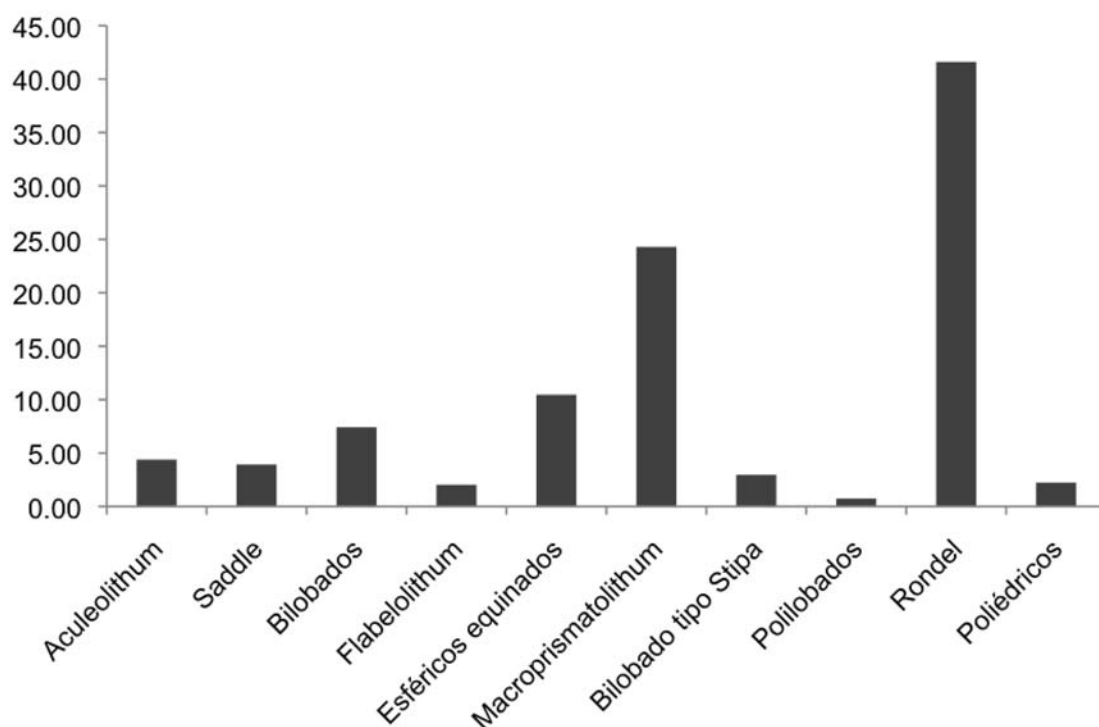


Fig. 4. Porcentajes relativos de los morfotipos fitolíticos presentes en el sedimento analizado.

no se encuentran redondeados, fracturados ni corroídos. Preservan sus estructuras más delicadas, lo que evidencia el grado de localidad que tienen los fitolitos rescatados (autóctonos).

También queda expresada la potencialidad que brindan estos microrrestos al actuar de manera sumamente significativa a la hora de realizar interpretaciones como indicadores de presencia de comunidades vegetales al momento de depositación de dichos sedimentos.

En todas las muestras se destacaron por su abundancia los fitolitos del tipo elongados, entre las células largas (tanto de bordes lisos como sinuosos u ondulados), que no tienen poder diagnóstico, como también los tipo rondel, entre las células cortas, que se corresponden con células de gramíneas, de la subfamilia Pooide, con ruta fotosintética de 3 carbonos (C3).

La paleocomunidad que se infiere y define sobre la base del análisis de los fitolitos reconocidos, estaría compuesta por gramíneas del tipo Panicoide (C3 y C4), Chloridoide (C4), Pooide (C3) y Stipoide

(C3) conformando una comunidad Mesotérmica (Burkart, 1975) con presencia de componentes graminoides de ruta metabólica tanto C3 como C4, y también de palmeras aisladas. Los otros elementos que acompañan esta asociación fitolítica, como quistes de Crysostomataceae, frústulos de diatomeas y espículas de espongiarios, indicarían la presencia de cuerpos de agua.

Se trataría entonces de un pastizal abierto con palmares asociados y cuerpos de agua de poca importancia.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a Manuel Copello por los dibujos, a Raúl Herrera por la ayuda con los mapas y a los dos revisores anónimos por sus valiosas sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo. Este trabajo fue financiado con fondos provenientes del PICT 07-13864 (ANPCyT).

BIBLIOGRAFÍA

- BERTOLDI DE POMAR, H. 1971. Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, 7(3-4): 317-328.
- BLACKMAN, E. 1971. Opaline silica bodies in the range grasses of southern Alberta. *Canad. J. Bot.* 49: 769-781. 1971.
- BOWDERY, D., D.M. HART, C. LENTFER & L.A. WALLIS. 1998. A universal phytolith key. *2nd International Meeting on phytolith Research* (Aix en Provence, Francia) *Volume of Abstract* : 17.
- BURKART, A. 1975. Evolution of Grasses and Grasslands in South America. *Taxon* 24(1): 53-66.
- CABIDO, M., N. ATECA, M.E. ASTEGIANO, A.M. ANTON. 1997. Distribution of C3 and C4 grasses along an altitudinal gradient in Central Argentina. *J. Biogeogr.* 24:197- 204.
- CABRERA, A. L. 1976. *Regiones fitogeográficas Argentinas* 2° ed. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Ed. ACME S.A.I.C. Buenos Aires. 85 pp.
- CABRERA, A. & A. WILLINK. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Monografía 13, Serie de Biología. 122pp.
- ERRA, G., A. F. ZUCOL, D. KRÖHLING & M. BREA. 2006. Análisis fitolíticos en el loess del Pleistoceno Tardío-Holoceno Temprano en la provincia de Entre Ríos: resultados preliminares. *III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, Actas de trabajo, tomo II: 691-699:13.
- FREDLUND, G. G. & L. T. TIESZEN. 1994. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *J. Biogeogr.* 21: 312-335.
- HART D. M., C. LENTFER, L.A. WALLIS & D. BOWDERY. 2000. A universal phytolith key: Point class. *3th International Meeting on phytolith Research* (Tervuren, Bélgica), *Abstract* : 13-14.
- INTA. 1991. PLAN MAPA DE SUELOS, Convenio INTA – Gobierno de ER. 1991. Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Diamante, Provincia de ER. (esc. 1:100.000). Acuerdo complementario del convenio INTA – Gobierno de ER. EEA INTA Paraná, Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 9. 258 p.
- IRIONDO, M. 1980. El cuaternario de Entre Ríos. *Rev. Asoc. Ci. Nat. Litoral*. 11: 125-141.
- IRIONDO, M. 1998. Loess in Argentina: Temperate and Tropical. Excursión Guide N°3. Province of Entre Ríos. Internacional Union for Quaternary Reserch. Internacional Join Field Meeting 1-12pp.
- IRIONDO, M. & D. KRÖHLING. 1995. El Sistema Eólico Pampeano. *Com. Mus. Prov. Cs. Nat. "Florentino Ameghino"* 5:(1) 1-68.
- IRIONDO, M. & D. KRÖHLING. 1996. Los sedimentos eólicos del noreste de la llanura pampeana (Cuaternario superior). *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Buenos Aires, Actas IV, 27-48.
- KONDO R., C. W. CHILDS & I. A. E. ATKINSON. 1994. *Opal phytoliths of New Zealand*. Lincoln, Manaaki Whenua Press. 85 pp.
- LENTFER, C., L.A. WALLIS, D. BOWDERY & D.M. HART. 2000. A universal phytolith key: Prismatic/ellipsoid/trapezoid (PET) class. *3th International Meeting on phytolith Research*, Tervuren, Bélgica, *Abstract* : 14.
- LIVINGSTONE, D.A. & W.D. CLAYTON. 1980. An altitudinal cline in tropical African grass floras and its paleoecological significance. *Quatern. Res.* 13: 392-402.
- MADELLA, M., A. ALEXANDRE & T. BALL. 2002. Internacional Code for Phytolith Nomenclature. *4th International Meeting on Phytolith Research* (Cambridge, Inglaterra), *Abstract*: 8.
- MADELLA, M., A. ALEXANDRE & T. BALL. 2005. International Code for Phytolith Nomenclature. *Ann. Bot.* 96: 253-260.
- MORRONE, J. J. 2001. *Biogeografía de América Latina y el Caribe*. M&T Manuales y Tesis SEA, 3:25-29.
- MULHOLLAND, S.C. 1989. Phytoliths shape frequencies in North Dakota grasses: a comparison to general patterns. *J. Archaeol. Sci.* 16: 489-511.
- PIPERNO, D. R. 1988. *Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective*. San Diego: Academic Press. 280p.
- PIPERNO, D. R., 2006. *Phytoliths. A Comprehensive Guide for Archaeologist and Paleoecologist*. Altamira Press, 248pp.
- RUNGE, F. 1999. The opal phytolith inventory of soils in central Africa—quantities, shapes, classification, and spectra. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 107 (1-2): 23-53.
- RUNGE, F. & R. FIMBEL. 1999. Opal phytoliths as evidence for the formation of savanna islands in the rain forest of Southeast Cameroon. *In*: HEINE, K. & G.E.J. RUNGE (Eds.), *International Union for Quaternary Research. Proceeding of the VXth INQUA Conference* (15th:1999: Durban South Africa)— *Palaeoecology of Africa and the surrounding islands*, Tokyo, pp. 171- 189.
- SCOTT, L. 2002. Grassland development under glacial and interglacial conditions in southern Africa: review of pollen, phytolith and isotope evidence. *Palaeogeogr. Paleoclimatol. Palaeoecol.* 177 (1-2): 47- 57.
- TEERI, J.A. & L.G. STOWE. 1976. Climatic patterns and the distribution of C4 grasses in North America. *Oecologia* 23:1 - 12.
- TIESZEN, L. L., M. M. SENYIMBA & S. K. IMBAMBA. 1979. The distribution of C3 and C4 grasses and carbon isotope discrimination along a altitudinal and moisture gradient in Kenya. *Oecologia* 37:337-350.
- TWISS P. C, E. SUESS & R. M. SMITH. 1969. Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:109-115.
- VRYPDAGHS, L. & H. DOUTRELEPONT. 2000. Analyses phytolithariennes: acquis et perspectives. *In*: SERVANT-VILDARY, S. & M. SERVANT (Eds.), *Dynamiques á long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*. UNESCO, Paris.
- WINSLOW, J.C., E.R.J. HUNT & S.C. PIPER. 2003. The influence of seasonal water availability on global C3 versus C4 grassland biomass and its implications for climate chan-

G. Erra - Fitólitos en sedimentos cuaternarios de Entre Ríos

- ge research. *Ecol. Model.* 163 (1–2): 153–173.
- ZUCOL A. F. 1995. Microfitólitos: II. Análisis de las clasificaciones. *Ameghiniana* 32 (3): 243-248.
- ZUCOL A. F. 1999. Fitólitos: hacia un sistema clasificatorio. *Ameghiniana* 36 (4): Suplementos, Resúmenes: 43R.
- ZUCOL A. F. & M. OSTERRIETH. 2002. Técnicas de preparación de muestras sedimentarias para la extracción de fitólitos. *Ameghiniana* 39 (3): 379-382.
- ZUCOL A. F. & M. BREA. 2005. Sistemática de fitólitos, pautas para un sistema clasificatorio. Un caso en estudio en la Formación Alvear (Pleistoceno inferior). *Ameghiniana*, 42 (4): 685-704.
- Recibido el 28 de abril de 2010, aceptado el 18 de octubre de 2010.